不同类型品种棉花上棉蚜适生性及种群动态

李进步，方丽平，张亚楠，杨卫娟，郭　庆，李　雷，毕彩丽，杨荣志

（淮北煤炭师范学院生物系，安徽淮北　235000）

摘要：通过田间调查、室内网罩盆栽苗测定选择性等方法，考察了常规棉（泗棉 3 号，石远 321）、杂交抗虫棉（辽棉 19 号，鲁棉研 18 号）、转单价基因抗虫棉（国抗 12 号，中棉所 32）和转双价抗虫棉（SGK321，中棉所 41）4 种类型 8 个品种棉花上棉蚜的适生性及种群动态。结果表明：棉蚜在各棉花品种上的种群动态有明显差异（$P < 0.05$），单株蚜量以转单价基因抗虫棉中棉 32 上最高，常规棉泗棉 3 号上最低，分别为 297.81 头/株和 76.88 头/株。棉蚜对 4 种类型棉花品种的选择性有明显差异（$P < 0.05$），其中对转单价基因抗虫棉有很强的选择性。根据棉蚜实验种群的参数判断，其在不同品种棉花上的生长发育、存活及繁殖存在显著差异：若虫发育历期常规棉石远 321 上最长（6.46 天），双价棉中棉所 41 上最短（5.75 天）；存活率转单价基因抗虫棉中棉 32 上最高（88.21%），双价棉 SGK321 上最低（76.46%）；单雌产蚜量杂交抗虫棉辽棉 19 上最大（44.48 头），双价棉 SGK321 上最小（33.51 头）；内禀增长率转单价基因抗虫棉中棉 32 上最高（0.3695），双价棉中棉所 41 上最低（0.3389）。综合评价，棉蚜的生存和繁殖适合性在转单价基因抗虫棉上最高，在双价棉上最低。

关键词：棉花；棉蚜；适生性；种群动态；寄主选择性

中图分类号：Q968　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2007)10-1027-07

Fitness and population dynamics of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on different cotton varieties

LI Jin-Bu, FANG Li-Ping, ZHANG Ya-Nan, YANG Wei-Juan, GUO Qing, LI Lei, BI Cai-Li, YANG Rong-Zhi (Department of Biology, Huaibei Coal Industry Teachers College, Huaibei, Anhui 235000, China)

Abstract: For wisely evaluating resistance difference of cotton varieties to cotton aphid *Aphis gossypii*, the development and population dynamics of cotton aphid on eight cotton varieties (SM3, SY321, LM19, LM18, GK12, ZM32, SGK321, ZM41) of four types were investigated by combining field test and the laboratory experiment including life table construction and reproduction ability observation. The results indicated that there were significant differences in population dynamics of cotton aphid on different cotton varieties ($P < 0.05$), with that on ZM32 (*Bt* transgenic cotton) was the highest (297.81 aphids/plant), and that on SM3 (conventional cotton) was the lowest (76.88 aphids/plant). There were also obvious differences at the selectivity of cotton aphid on the four types of cotton ($P < 0.05$), but this pest exhibited the highest selectivity to *Bt* transgenic cotton. Judged with the life parameters of the experimental populations of cotton aphid, there were also notable discrepancies in the developmental duration, survivorship and reproduction and other examined parameters of the cotton aphid on different varieties. Cotton aphid population attained the longest developmental duration (6.46 d) on SY321 (conventional cotton) and the shortest (5.75 d) on ZM41 (*Bt* and *CpTI* transgenic cotton), and the survivorship on ZM32 was the biggest (88.21%) and on SGK321 (*Bt* and *CpTI* transgenic cotton) the smallest (76.46%), but the innate capacity of increase (r_m) were the highest on ZM32 (0.3695) and the lowest on ZM41 (0.3389). In addition, female adults fed on LM19 (insect-resistance hybrid cotton) (44.8) had greater potential to enhance their fecundity compared to those fed on SGK321 (33.51). Generally evaluated, cotton aphid had the highest fitness on *Bt* transgenic cotton, and the lowest fitness on *Bt* and *CpTI* transgenic cotton.

Key words: Cotton variety; *Aphis gossypii*; fitness; population dynamics; host selectivity

---

基金项目：安徽省教育厅青年自然科学基金项目(2006jql142)；安徽省"十五"二期重点项目(03013003)

作者简介：李进步，男，安徽砀山人，硕士，讲师，研究方向为昆虫生态学与害虫综合治理，E-mail：lijinbu0991@sina.com.cn

收稿日期 Received：2007-03-07；**接受日期** Accepted：2007-08-20

棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 是一种世界性害虫，寄主植物多达近 300 种（Ferrandiz and Gutierrez，1986）。棉蚜除成、若虫直接刺吸棉株汁液导致被害植株生长衰弱外，其分泌的蜜露还能影响棉花正常的光合作用和生理作用，污染棉花纤维和诱发霉菌寄生，可严重影响棉花的产量和品质（陆宴辉等，2004）。在棉蚜的综合防治技术体系中，对棉花抗蚜性的研究和利用，已日益受到重视。特别随着转基因棉的推广与应用，非靶标害虫棉蚜等刺吸式害虫的种群数量表现出上升趋势，发生危害较为突出（崔金杰和夏敬源，1998；孙长贵等，2003；周洪旭等，2004）。

在棉田生态系统中，品种间的特征千差万别，这必然影响着棉蚜与寄主棉花之间的化学通讯系统的表达，进而可引起棉蚜行为和生理上的不同反应。有关棉花品种对棉蚜的影响已有相关报道（孟玲和刘芳政，1991；姜永幸和郭予元，1996a，1996b；孟玲等，1999），但这些研究缺少同一时期室内外条件下的相关研究。为了弄清不同试验条件下品种抗性的变化特点及室内外试验结果的相关性，从而为品种抗蚜性的准确鉴定提供依据。我们对田间和室内不同类型品种棉花上棉蚜生长发育、存活、繁殖力、选择性及种群动态等进行了研究，对不同棉花品种上棉蚜的适生性、选择性及田间自然发生量进行比较。本文研究结果可为分析棉蚜种群动态和寄主棉花品种间的相互关系及评估田间多年种植转基因棉的生态风险提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 供试棉花品种

本试验选取 4 种类型 8 个棉花品种，即：常规棉品种泗棉 3 号（SM3；国抗 12 号亲本）、石远 321（SY321；SGK321 抗虫棉亲本）；杂交抗虫棉品种辽棉 19 号（LM19；以辽 205 为母本，新棉 33B 为父本）、鲁棉研 18 号（LM18；原代号鲁 25 系，以 C12 系统选育而成）；转单价基因抗虫棉品种国抗 12 号（GK12；转 *Bt* 基因，亲本为泗棉 3 号）、中棉所 32（ZM32；转 *Bt* 基因，母本为中棉所 17）；转双价抗虫棉品种 SGK321 抗虫棉（SGK321；转 *Bt* 及 *CpTI* 基因，亲本为石远 321）、中棉所 41（ZM41；转 *Bt* 及 *CpTI* 基因，受体为中棉所 23）。以上棉花品种由中国农业科学院棉花研究所与安徽农科院棉花研究所提供。

1.2 室内试验供试蚜虫

供试虫源采自淮北煤炭师范学院试验田棉花上自然发生的棉蚜，移接于泗棉 3 号上，在实验室人工气候室内繁殖饲养，扩大种群并保种以备试验用。人工气候室条件：温度为（26 ± 1）℃，相对湿度为 60% ~ 80%，光周期 14L∶10D，光照强度为 9 000 lx。

1.3 棉花品种对棉蚜生长发育及繁殖的影响

各品种棉花均在室内同期播于塑料杯（Φ = 10 cm）中，放在光照培养箱内（26℃，14L∶10D）培养，待各品种棉花的棉苗长到 3 叶期时，用软毛笔挑取在室内常规棉泗棉 3 号上饲养的无翅雌成蚜接在棉苗顶叶的背面，用直径 0.5 cm 微型罩（60 目）罩住，微型罩用细透明胶带粘在棉叶上，待产仔蚜后，每罩留下 1 头初产仔蚜。每个棉花品种设 30 株棉苗，然后将同一品种的棉苗置于 1 个养虫笼内，并在不同棉苗之间保持一定距离，以免棉叶重叠导致棉蚜在不同棉株之间转移。然后将上述养虫笼放在（26 ± 1）℃、相对湿度 70% ~ 85%、24 h 光照的养虫室内进行饲养，观察各龄历期、若蚜存活率；成蚜产仔后每天记录所产若蚜数量，并将全部若蚜挑除，直到起始蚜全部死亡为止。每个品种重复 3 次。对所得结果进行净增殖率、平均存活寿命和内禀增长率等参数的计算。

1.4 棉蚜对棉花品种选择性测定

参照姬秀枝等（2005）方法，并加以修改。将微施氮磷肥的细土拌匀后装入花盆（Φ = 25 cm），播种各供试棉花品种，每品种 6 盆，移入人工气候室培养。待棉花长至 4 叶期，将各品种棉花放入边长为 150 cm 的立方体纱网内（排 4 列 4 行，每品种 2 盆并放在一起），纱网所在室内光线均匀，将室内饲养的有翅成蚜移入养虫盒中，并于纱网内距棉花 40 cm 正中央上方开盒让其自由扩散。每隔 6 h 观察 1 次，记载各品种上有翅蚜的着落量；24 h 后分别记录每盆棉花上的产蚜数量。每次试验放蚜 150 头，重复 3 次。

1.5 田间棉蚜种群动态调查

1.5.1 田间试验设计：该试验在淮北煤炭师范学院试验田进行，每个品种为一处理，4 月 10 日播种，种植面积 300 m^2。每处理 4 次重复，8 个棉花品种，共设 32 个小区。小区间种植玉米保护隔离带。各处理棉花在整个生长季节内不施用任何农药。

1.5.2 棉蚜种群数量调查：分别于棉花 3 叶期、5 叶期、7 叶期、现蕾中期和现蕾后期，在田间进行 5 点取样，每点 20 株，记录不同棉花品种上的总蚜量，然后算出单株蚜量。

1.6　数据统计分析

所有数据计算均在 Excel 2003 与 SPSS 11.0 for window 统计分析软件上完成，并检验处理间的差异显著性，方差分析采用 Duncan 新复极差测验。

2　结果与分析

2.1　室内不同棉花品种上棉蚜的发育历期

室内不同品种棉花上棉蚜的发育历期见表 1，分析结果表明，4 种不同类型棉花品种上棉蚜各发育阶段的发育历期总体上存在显著差异（$P < 0.05$），且影响的程度随棉蚜的发育阶段而异。总体看来，棉蚜在 4 类棉花品种上的发育历期为：常规棉 > 杂交抗虫棉 > 转单价基因抗虫棉 > 转双价基因抗虫棉，其中在常规棉石远 321 上的发育历期最长，平均为 6.46 天，与泗棉 3 号、辽棉 19 号差异不显著，但与转单价基因抗虫棉国抗 12、中棉所 32 和转双价抗虫棉品种 SGK321 抗虫棉、中棉所 41 差异显著（$P < 0.05$）；棉蚜发育历期在转双价基因抗虫棉品种中棉所 41 上发育最短，平均为 5.75 天，与所有常规棉、杂交抗虫棉及单价棉差异显著（$P < 0.05$）。

表 1　室内不同棉花品种上棉蚜的发育历期（d）

Table 1　The developmental duration (d) of *Aphis gossypii* on different cotton varieties in the laboratory

棉花品种 Cotton variety	1 龄 1st instar	2 龄 2nd instar	3 龄 3rd instar	4 龄 4th instar	产仔前期 Pre-fecundity period	发育历期 Developmental duration
SGK321	1.32 ± 0.21 1) c	1.34 ± 0.18 1) c	1.28 ± 0.20 1) c	1.38 ± 0.21 1) c	0.55 ± 0.11 c	5.87 ± 0.59 1) d
ZM41	1.31 ± 0.22 c	1.32 ± 0.29 c	1.29 ± 0.21 c	1.31 ± 0.30 d	0.52 ± 0.19 c	5.75 ± 0.47 e
SM3	1.48 ± 0.13 a	1.43 ± 0.12 ab	1.42 ± 0.24 a	1.49 ± 0.23 b	0.63 ± 0.12 a	6.45 ± 0.76 a
SY321	1.42 ± 0.15 ab	1.48 ± 0.23 a	1.43 ± 0.21 a	1.55 ± 0.24 a	0.58 ± 0.23 bc	6.46 ± 0.64 a
LM19	1.45 ± 0.11 a	1.44 ± 0.23 ab	1.39 ± 0.14 b	1.53 ± 0.17 a	0.62 ± 0.11 ab	6.43 ± 0.65 a
LM18	1.44 ± 0.17 ab	1.42 ± 0.14 b	1.39 ± 0.16 1) b	1.51 ± 0.15 ab	0.61 ± 0.14 ab	6.37 ± 0.64 1) b
GK12	1.40 ± 0.20 1) b	1.36 ± 0.27 bc	1.38 ± 0.19 b	1.45 ± 0.28 b	0.55 ± 0.17 c	6.14 ± 0.58 c
ZM32	1.46 ± 0.19 a	1.38 ± 0.26 b	1.41 ± 0.17 ab	1.46 ± 0.11 b	0.59 ± 0.22 b	6.30 ± 0.67 b

注 Notes：表中数据为平均值 ± 标准差；同列数据后有相同字母表示在 0.05 水平上差异不显著（$P > 0.05$，新复极差检验）；转基因棉与亲本对照（GK12 和 SM3 之间，SGK321 和 SY321 之间）相比较 1) $P < 0.05$，2) $P < 0.01$。下同。Data were mean ± *SD*；values within a column followed by the same small letter are not significantly different at 0.05 probability level by Duncan's multiple range test；1) and 2) indicate differences significant at 0.05 or 0.01 leve1，respectively，between transgenic cottons and their non-transgenic parental lines (between GK12 and SM3，and between SGK321 and SY321). The same below.

2.2　室内不同棉花品种上棉蚜的存活率

取食不同品种棉花棉蚜的各龄存活率见表 2，可见，棉蚜在 4 类品种棉花上的存活率依次为：常规棉 > 转单价基因抗虫棉 > 杂交抗虫棉 > 转双价基因抗虫棉。无论取食单价抗虫棉、杂交抗虫棉及常规棉的 1 ~ 4 龄棉蚜若虫各龄存活率均在 90% 以上，整个若虫期的存活率也均达 80% 以上，并且彼此间无显著差异；转双价基因抗虫棉对棉蚜的存活率有一定的影响，且主要作用于 1 龄若蚜。棉蚜存活率在转双价基因抗虫棉 SGK321 与在中棉所 41、常规棉、杂交抗虫棉及转单价基因抗虫棉品种间差异显著（$P < 0.05$）。

表 2　室内不同棉花品种上棉蚜的存活率（%）

Table 2　The survival rate (%) of *Aphis gossypii* on different cotton varieties in the laboratory

棉花品种 Cotton variety	1 龄 1st instar	2 龄 2nd instar	3 龄 3rd instar	4 龄 4th instar	若蚜期 Nymphal stage
SGK321	86.12 ± 1.20 b	93.78 ± 1.43 a	97.89 ± 1.75 a	96.72 ± 1.82 a	76.46 ± 4.17 1) c
ZM41	89.87 ± 1.18 b	94.62 ± 1.18 a	98.72 ± 1.53 a	97.25 ± 1.38 a	81.63 ± 5.22 b
SM3	92.57 ± 1.14 ab	96.43 ± 1.31 a	98.45 ± 1.34 a	98.75 ± 1.27 a	86.78 ± 7.11 a
SY321	92.22 ± 1.29 ab	97.15 ± 1.56 a	98.42 ± 1.45 a	98.14 ± 1.67 a	86.53 ± 6.19 a
LM19	95.27 ± 1.23 a	93.78 ± 1.35 a	96.86 ± 1.42 a	95.89 ± 1.31 a	82.98 ± 5.12 b
LM18	95.87 ± 1.16 a	94.43 ± 1.46 a	97.45 ± 1.39 a	93.92 ± 1.41 a	82.85 ± 5.23 b
GK12	93.37 ± 1.36 a	96.66 ± 1.82 a	98.28 ± 1.66 a	98.98 ± 1.89 a	87.79 ± 5.15 a
ZM32	94.55 ± 1.57 a	96.68 ± 1.37 a	98.75 ± 1.45 a	97.72 ± 1.33 a	88.21 ± 6.14 a

2.3 室内不同棉花品种上棉蚜的种群参数

棉蚜种群的内禀增长率、周限增长率、净增殖率等参数是环境因素对其生长、发育和繁殖力影响的综合指标，也是判断不同棉花品种对棉蚜数量动态影响和棉花品种抗蚜性的重要指标。根据棉蚜在 4 类棉花品种上的生长发育及繁殖结果，组建了棉蚜实验种群生命表（表 3），棉蚜种群净增值率（R_0）在 4 类棉花中顺序为杂交抗虫棉 > 常规棉 > 转单价基因抗虫棉 > 转双价抗虫棉，其中在杂交抗虫棉辽棉 19 上最大，为 36.7126，在双价棉中棉所 41 上最小，仅为 22.8416；世代平均周期（T）的大小顺序为常规棉 > 杂交抗虫棉 > 转基因单价棉 > 转基因双价棉；内禀增长率（r_m）大小排列顺序与净增值率不同，依次为转单价基因抗虫棉 > 杂交抗虫棉 > 常规棉 > 转双价抗虫棉；种群加倍时间与内禀增长率大小正好相反。

表 3 室内不同棉花品种上棉蚜的生命表参数

Table 3 Life table parameters of *Aphis gossypii* on different cotton varieties in the laboratory

棉花品种 Cotton variety	平均历期 T (d)	净生殖率 R_0	内禀增长率 r_m	种群增长周限 λ	种群加倍时间 Time of double population (d)
SGK321	9.1935[1)] c	23.7543[2)] c	0.3446[1)] c	1.4114 b	2.0117 a
ZM41	9.2328 c	22.8416 c	0.3389 d	1.4033 b	2.0456 a
SM3	10.5122 a	34.4311 a	0.3367 d	1.4003 b	2.0589 a
SY321	10.2546 a	36.4923 a	0.3508 b	1.4202 b	1.9760 a
LM19	9.8868 b	36.7126 a	0.3644 ab	1.4397 a	1.9020 b
LM18	9.8715 b	34.6841 a	0.3592 b	1.4322 ab	1.9295 b
GK12	9.2130[1)] c	29.1784 b	0.3662[1)] a	1.4422[1)] a	1.8930[1)] c
ZM32	9.2241 c	30.2234 b	0.3695 a	1.4471 a	1.8757 c

2.4 室内不同棉花品种上的棉蚜繁殖参数

产仔率大小反映的是棉蚜在不同棉花品种上的扩展和繁殖趋势，是棉蚜对棉花品种的结构特性和营养特性的综合体现。棉蚜在不同种类棉花上的平均日产蚜量、高峰日产蚜量和累计产蚜量见表 4。由表 4 可见，棉蚜在供试的 4 种类型棉花上以杂交抗虫棉上产蚜量较多，其中辽棉 19 上平均每雌产蚜 44.48 ± 4.27 头，常规棉上其次，接着为转单价基因抗虫棉，转双价基因抗虫棉上最少，其中 SGK321 上平均每雌产蚜 33.51 头。方差分析表明，双价基因抗虫棉上产蚜量分别与常规棉、转单价抗虫棉及杂交抗虫棉差异均显著（$P < 0.05$）；转单价基因抗虫棉与常规棉及杂交抗虫棉差异均显著（$P < 0.05$），但常规棉与杂交抗虫棉不显著。这与不同类型棉花品种对棉蚜发育历期的影响趋势基本吻合。

表 4 取食不同棉花品种棉蚜的繁殖参数

Table 4 Reproductive parameters of *Aphis gossypii* fed on different cotton varieties in the laboratory

棉花品种 Cotton variety	平均日产蚜量 Average fecundity	高峰期日产蚜量 Peak fecundity/day	累计产蚜量 Accumulative fecundity
SGK321	1.96 ± 0.29[1)] c	6.82 ± 0.41[1)] b	33.51 ± 2.14[2)] c
ZM41	1.89 ± 0.31 c	6.79 ± 0.31 b	35.46 ± 2.33 c
SM3	2.91 ± 0.22 a	7.26 ± 0.21 ab	42.41 ± 3.20 a
SY321	2.89 ± 0.36 a	7.41 ± 0.41 a	43.66 ± 3.19 a
LM19	2.92 ± 0.34 a	6.98 ± 0.38 b	44.48 ± 4.27 a
LM18	2.96 ± 0.25 a	7.50 ± 0.35 a	43.87 ± 3.23 a
GK12	2.52 ± 0.40[1)] b	7.76 ± 0.26 a	41.38 ± 4.71[1)] b
ZM32	2.49 ± 0.21 b	7.73 ± 0.19 a	40.24 ± 3.82 b

2.5 室内棉蚜对不同棉花品种的选择性

植物的化学成分在昆虫发现和选择寄主过程中起着重要的作用，作物品种间的化学成分和次生代谢物质的差异影响着昆虫的行为，进而决定对不同品种的辨识能力和选择性。棉蚜在 24 h 内在供试 4 种类型品种棉花上累计平均着落量表现出明显的差异（表 5），其顺序依次为转单价基因抗虫棉 > 杂交抗虫棉 > 转双价抗虫棉 > 常规棉，经方差分析，除转双价基因抗虫棉与常规棉间差异不显著外，其余各类型品种间均差异显著（$P < 0.05$）。棉蚜 24 h 内在供试 4 种类型品种棉花上累计平均产蚜量也差异明显（表 5），其顺序依次为转单价基因抗虫棉 > 杂交

抗虫棉 > 转双价抗虫棉 > 常规棉，经方差分析，除转双价基因抗虫棉与常规棉棉 SY321 间差异不显著外，其余各类型品种间均差异显著（$P < 0.05$）。

表 5　室内棉蚜对不同棉花品种的选择性

Table 5　The selectivity of *Aphis gossypii* to different cotton varieties in the laboratory

棉花品种 Cotton variety	着落量（头/盆）Landing amount（individuals/pot）				平均值 Mean	24 h 产蚜量 Fecundity/24 h
	6 h	12 h	18 h	24 h		
SGK321	5.50 c	8.50 c	11.50 c	13.50 cd	9.75 ± 3.37 c	33.75 ± 5.72 c
ZM41	5.25 c	9.25 c	12.50 bc	14.25 c	10.31 ± 5.42 bc	35.00 ± 5.13 c
SM3	5.00 c	9.75 c	10.75 c	12.50 d	9.50 ± 5.15 c	31.50 ± 4.62 d
SY321	5.75 c	8.25 c	10.50 c	11.75 d	9.06 ± 4.72 c	34.25 ± 3.87 c
LM19	7.50 b	12.50 b	13.25 b	16.50 b	12.44 ± 6.13 b	42.25 ± 5.45 b
LM18	7.00 b	13.25 b	13.50 b	16.25 b	12.50 ± 5.97 b	45.75 ± 5.74 b
GK12	7.50[1)] b	16.50[1)] a	18.50[1)] a	24.00[1)] a	16.63 ± 7.52[1)] a	54.50 ± 6.32[2)] a
ZM32	8.50 a	17.00 a	19.25 a	25.25 a	17.50 ± 6.49 a	56.50 ± 5.49 a

2.6　田间不同棉花品种上棉蚜的自然种群动态

供试不同类型棉花品种上棉蚜种群数量存在着明显差异（表 6），且达到显著水平（$P < 0.05$），以转单价基因抗虫棉上棉蚜数量最高，转双价基因抗虫棉次之，再者为杂交抗虫棉，常规棉上最低。棉蚜的种群数量随着棉花的生长在持续增加，但不同棉花品种上棉蚜的种群数量增长幅度不同，在常规棉泗棉 3 号、石远 321 上棉蚜的种群数量一直保持在较低数量的状态下增加；转单价基因抗虫棉和转双价基因抗虫棉尽管在 3 叶期与其他棉花品种上的单株蚜量没有明显差别，但随着时间的推移，单株蚜量迅速增长，在棉花处于 7 叶期时，转基因棉单株蚜量均已达到 200 头以上，特别是在棉花现蕾后期转单价基因抗虫棉国抗 12 号、中棉所 32 分别高达 445.25 头和 482.50 头，导致棉花叶片畸形、卷曲和叶色褪绿，对棉花的正常生长发育造成影响。

表 6　田间棉花品种上棉蚜的种群动态（头/株）（2005）

Table 6　Population dynamics（number of individuals/plant）of *Aphis gossypii* on various cotton varieties in fields in 2005

棉花品种 Cotton variety	3 叶期 3-leaf stage	5 叶期 5-leaf stage	7 叶期 7-leaf stage	现蕾中期 Medium budding	现蕾后期 Final budding	平均值 Mean
SGK321	7.25[1)] c	65.75[2)] c	215.50[2)] b	276.252[1)] b	320.75[2)] b	221.38 ± 25.14[2)] b
ZM41	6.75 c	80.25 b	225.50 b	285.50 b	350.00 b	237.00 ± 27.50 b
SM3	7.50 b	32.75 e	43.50 e	88.50 e	137.25 e	76.88 ± 15.84 f
SY321	9.25 a	37.00 e	54.50 e	96.50 e	178.50 d	91.94 ± 14.27 e
LM19	9.50 a	45.00 d	92.50 d	134.25 d	212.25 c	116.13 ± 17.36 d
LM18	5.50 e	50.25 d	165.75 c	225.50 c	230.50 c	169.38 ± 28.15 c
GK12	8.25 b	89.50[1)] a	275.05[2)] a	318.50[2)] a	445.25[2)] a	284.14 ± 32.18[2)] a
ZM32	6.50 d	95.25 a	268.25 a	338.75 a	482.50 a	297.81 ± 29.27 a

3　讨论

早期的研究发现，在进化过程中，棉花已形成了一套有利于自身发育的基因系统，当人为导入外源基因后，必将打破其自身固有的连锁群，从而会对棉花本身各种性状和生理代谢产生影响，并进一步影响植物与有害生物之间的关系（丰嵘等，1996）。目前，棉花的育种已发展到转双价基因棉，棉花品种的更替及其体内内含物的变化必然导致棉蚜的部分生态学特性随之改变。从本试验所选用的几个类型品种来看，棉蚜在不同类型品种棉花上的若蚜发育历期、存活率、繁殖力等适生性参数均有差别，其对不同品种棉花的选择性及田间种群密度也都具有明显差异。

棉花组织中的糖分、氨基酸是棉蚜主要的营养物质，同时这些物质与棉花的抗蚜性又密切相关（陆宴辉等，2004）。孟玲等认为，棉花品种间抗蚜程度存在显著差异，与棉株体内棉酚和可溶性蛋白含量有关（孟玲等，1999）；棉蚜的生长速率、繁殖力、世代周期在不同品种棉花上也存在着差异，与棉叶的含糖量有密切关系（孟玲和刘芳政，1991）。姜永幸等研究结果表明，棉蚜在不同棉花品种上的取食周期、相对取食量有明显不同，且取食不同品种棉花会

导致棉蚜的羧酸酯酶活性产生差异(姜永幸和郭予元,1996a,1996b)。有学者报道,双价棉上棉蚜的内禀增长率和种群趋势指数显著低于转 Bt 基因棉及常规棉,表现出明显的抗蚜性(刘向东等,2002;丁莉等,2004)。本研究也得到类似结论,即棉蚜若虫发育历期在常规棉上最长,双价棉上最短;存活率转单价基因抗虫棉上最高,双价棉上最低;繁殖力杂交抗虫棉上最大,双价棉上最小;内禀增长率转单价基因抗虫棉上最高,双价棉上最低;棉蚜对转单价基因抗虫棉有很强的选择性。陈法军等(2004)认为棉蚜的发育历期与棉花组织的游离脂肪酸、游离氨基酸、可溶性蛋白、和棉酚的含量呈显著负相关;棉蚜的繁殖力与游离脂肪酸、游离氨基酸和棉酚的含量呈显著正相关。崔金杰等(2002)报道,转双价基因棉中可溶性糖和蛋白质等含量较少和质量较差,从而直接影响棉蚜的生长繁殖与取食行为。也有学者报道转基因棉花叶片中可溶性糖总量、游离氨基酸总量及各种氨基酸的含量在不同转基因棉与亲本对照棉花品种间也存在很大差异,棉蚜取食转基因棉花品种后,蜜露的分泌量比取食对照品种减少(杨益众等,2005)。武予清等(2000)认为单宁是棉花抗蚜的主要次生代谢物质,并发现转基因棉花中缩合单宁含量与亲本对照棉存在很大差异。我们也通过测定不同类型品种棉花体内可溶性总糖、棉酚、单宁和游离氨基酸等的含量,发现不同类型品种间存在差异(另文发表)。因此,棉花植株体内糖类、氨基酸、单宁、棉酚等含量的变化将直接影响到棉蚜的生长发育。

目前,有关棉田棉蚜种群动态研究较多,有些学者认为转基因棉田的棉蚜的发生数量明显高于常规棉田(崔金杰和夏敬源,1998;柏立新等,2002;孙长贵等,2003;邓曙东等,2003;周洪旭等,2004;杨益众等,2006);当然也有一些学者认为转基因棉田棉蚜的种群发生量与常规棉田相当,无显著差异(王武刚等,1999;万鹏等,2003)。崔金杰等(2004)报道棉花苗蚜发生期,双价棉比转单价棉田减少,但分别比常规棉和常规用药田增加。本文研究结果与此一致,即棉蚜在各棉花品种上的种群动态有明显差异,平均数量以转单价基因抗虫棉最高,常规棉最低。以上各研究结论的不一致可能与所用棉花品种、棉花中导入的基因类型、基因的导入方式、不同气候条件等各种因子有关。

根据本研究中棉蚜实验种群的参数判断,棉蚜的生存和繁殖适合性在转单价基因抗虫棉上最高,在双价棉上最低。但田间调查转双价基因棉田棉蚜种群数量高于常规棉田和杂交抗虫棉田,由于本试验调查田均未使用任何化学农药,导致这一现象的主要原因是转双价基因棉田天敌的数量显著低于常规棉田和杂交抗虫棉田,我们调查表明,转双价基因棉田与常规棉田和杂交抗虫棉田相比,捕食性天敌总量分别降低 21.4% 和 14.5%,寄生性天敌总量分别降低 34.6% 和 30.8%(另文发表)。由此可见,天敌的控制作用是影响田间棉蚜种群数量的重要因素之一。

参 考 文 献 (References)

Bai LX, Zhang LW, Chen XB, Feng HJ, Gu GH, Zou ZQ, Shu CE, 2002. Preliminary studies on effects of transgenic cotton varieties on composition of insect community. *Chinese Journal of Biological Control*, 18(3):115 – 119. [柏立新, 张龙娃,陈小波,冯汉金,顾国华,邹宗晴,束春娥,2002. 不同抗虫棉品系对棉田害虫与天敌群落的影响. 中国生物防治, 18(3):115 – 119]

Chen FJ, Ge F, Liu XH, 2004. Responses of cotton to elevated CO_2 and the effects on cotton aphid occurrences. *Acta Ecologica Sinica*, 24(5):991 – 996. [陈法军,戈峰,刘向辉,2004. 棉花对大气 CO_2 浓度升高的响应及其对棉蚜种群发生的作用. 生态学报, 24(5):991 – 996]

Cui JJ, Luo JY, Wang CY, Ma Y, Li CH, 2004. Population dynamics of main pests and enemies in the transgenic *Cry1Ac* + *CPTI* cotton field. *Cotton Science*, 16(2):94 – 101. [崔金杰,雒珺瑜,王春义,马艳,李春花, 2004.转双价基因棉田主要害虫及其天敌的种群动态. 棉花学报, 16(2):94 – 101]

Cui JJ, Xia JY, 1998. Effects of Bt transgenic cotton (with early maturity) on population dynamics of main pests and their natural enemies. *Acta Gossypii Sinica*, 10(5):255 – 262. [崔金杰, 夏敬源,1998. 麦套夏播转 Bt 基因棉田主要害虫及其天敌的发生规律. 棉花学报, 10(5):255 – 262]

Cui JJ, Xia JY, Ma Y, 2002. Effects of transgenic *CryIAc* and *CryIAc* plus *CpTI* cotton to blank cutworm (*Agrotis ypsilon* Rottemberg). *Acta Gossypii Sinica*, 14 (1):3 – 7. [崔金杰,夏敬源,马艳, 2002. 转双价基因(*CryIAc* + *CpTI*)抗虫棉(ZGK9712)对小地老虎抗虫性研究. 棉花学报, 14(1):3 – 7]

Deng SD, Xu J, Zhang QW, Zhou SW, Xu GJ, 2003. Effect of transgenic Bt cotton on population dynamics of the non-target pests and natural enemies of pests. *Acta Entomologica Sinica*, 46(1):1 – 5. [邓曙东, 徐静,张青文,周世文,徐冠军,2003. 转 Bt 基因棉对非靶标害虫及害虫天敌种群动态的影响. 昆虫学报, 46(1):1 – 5]

Ding L, Yu JN, Wang DY, Sun XG, 2004. Control effect of transgenic cotton expressing two kinds of insect resistant genes on the population of *Aphis gossypii*. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 41(5):316 – 318. [丁莉, 于江南,王登元,孙孝根, 2004. 转双价基因抗虫棉对棉蚜的控制作用. 新疆农业科学, 41(5):316 – 318]

Feng R, Zhang BH, Guo XM, 1996. Effects of exogenous Bt gene on yield properties and insect resistance of cotton. *Acta Gossypii Sinica*, 8(1):

10－13. [丰嵘,张宝红,郭香墨，1996. 外源 Bt 基因对棉花产量性状的影响. 棉花学报，8(1)：10－13]

Ferrandiz PR，Gutierrez PF，1986. Reproduction and development of the aphid *Aphis gossypii* under controlled conditions. *Ciencias de la Agricultura*，27：51－54.

Ji XZ，Zhang QW，Liu XX，Yang MS，2005. Selection of different varieties of cucumber by *Bemisia tabaci*（Gennadius）. *Plant Protection*，31(4)：62－64. [姬秀枝,张青文,刘小侠,杨麦生，2005. 烟粉虱对不同黄瓜品种的选择性. 植物保护，31(4)：62－64]

Jiang YX，Guo YY，1996a. The study of the feeding behaviour of cotton aphid and relative feeding amount on different cotton varieties. *Acta Phytophylacica Sinica*，23(1)：1－7. [姜永幸,郭予元，1996a. 棉蚜在不同棉花品种上的取食行为及相对取食量的研究. 植物保护学报，23(1)：1－7]

Jiang YX，Guo YY，1996b. Study of carboxylesterase activity of cotton aphid fed on different cotton varieties. *Acta Gossypii Sinica*，8(4)：215－218. [姜永幸，郭予元,1996b. 不同品种棉花对棉蚜羧酸酯酶活性影响的研究. 棉花学报，8(4)：215－218]

Liu XD，Zhai BP，Zhang XX，Cui JJ，2002. The effect of transgenic cotton on fecundity and feeding behavior of *Aphis gossypii*. *Journal of Nanjing Agricultural University*，25(3)：27－30. [刘向东,翟保平,张孝羲，崔金杰，2002. 转基因棉对棉蚜繁殖与取食行为的影响. 南京农业大学学报，25(3)：27－30]

Lu YH，Yang YZ，Yin Y，Yu YS，2004. Advances of studies on the resistance and relevant genetic mechanism of cotton to *Aphis gossypii* Glover. *Entomological Knowledge*，41(4)：291－294. [陆宴辉,杨益众,印毅,余月书,2004. 棉花抗蚜性及抗性遗传机制研究进展. 昆虫知识，41(4)：291－294]

Meng L，Li BP，Wang WQ，Yu NL，1999. Studies on the resistance and relevant mechanism of cotton to *Aphis gossypii* Glover in Xinjiang. *China Cotton*，26(2)：8－10. [孟玲,李保平,王文全,喻宁莉，1999. 新疆棉花栽培品种对棉蚜抗性及其机制的研究. 中国棉花，26(2)：8－10]

Meng L，Liu FZ，1991. Effect of cotton varieties on development and honeydew excretion of *Aphis gossypii* Glover. *Journal of August 1st Agricultural College*，14(4)：32－38. [孟玲,刘芳政,1991. 棉蚜在棉花不同品种上的生长繁育和排蜜的研究. 八一农学院学报，14(4)：32－38]

Sun CG，Zhang QW，Xu J，Wang YX，Liu JL，2003. Effects of transgenic *Bt* cotton and transgenic *Bt* + *CpTI* cotton on population dynamics of main cotton pests and their natural enemies. *Acta Entomologica Sinica*，46(6)：705－712. [孙长贵,张青文,徐静,王因霞,刘俊丽，2003. 转 Bt 基因棉和转 *Bt* + *CpTI* 双价基因棉对棉田主要害虫及其天敌种群动态的影响. 昆虫学报，46(6)：705－712]

Wan P，Huang MS，Wu KM，Wu JP，2003. Effects of transgenic Bt cotton on development and population dynamics of cotton aphid. *Scientia Agricultura Sinica*，36(12)：1 484－1 488. [万鹏,黄民松,吴孔明，吴金萍，2003. 转 Cry1A 基因棉对棉蚜生长发育及种群动态的影响. 中国农业科学，36(12)：1 484－1 488]

Wang WG，Wu KM，Liang GM，Li XL，1999. Occurrence of cotton pests in Bt cotton fields and its control strategy. *Plant Protection*，25(1)：3－5. [王武刚,吴孔明,梁革梅,李修立，1999. Bt 棉对主要棉虫发生的影响及防治对策. 植物保护，25(1)：3－5]

Wu YQ，Guo YY，Zeng QL，2000. Preliminary testing of contents of total phenolics and condensed tannins in the Bt cotton. *Journal of Henan Agricultural University*，34(2)：134－136. [武予清,郭予元,曾庆龄，2000. 转 Bt 基因棉单宁及总酚含量的初步测定. 河南农业大学学报，34(2)：134－136]

Yang YZ，Lu YH，Xue WJ，Liu Y，Yang HY，Li XH，Wang F，Yu YS，2006. Population dynamics of *Aphis gossypii* Glover in transgenic cotton fields and an analysis of the related influencing factors. *Acta Entomologica Sinica*，49(1)：80－85. [杨益众,陆宴辉,薛文杰,刘洋,杨海燕,李晓慧,王峰,余月书，2006. 转基因棉田棉蚜种群动态及相关影响因子分析. 昆虫学报，49(1)：80－85]

Yang YZ，Lu YH，Xue WJ，Yu YS，Li XH，Wang F，Yang HY，Liu Y，2005. Effects of change in the content of sugars and free amino acids in transgenic cotton cultivars on the secretion amount and major nutritive components of honeydew of *Aphis gossypii* Glover. *Acta Entomologica Sinica*，48(4)：491－497. [杨益众,陆宴辉,薛文杰,余月书,李晓慧,王峰,杨海燕,刘洋，2005. 转基因棉花中糖类和游离氨基酸含量的变化对棉蚜泌蜜量及蜜露主要成分的影响. 昆虫学报，48(4)：491－497]

Zhou HX，Guo JY，Wan FH，2004. Effect of transgenic *Cry1Ac* + *CpTI* cotton（SGK321）on population dynamics of pests and their natural enemies. *Acta Entomologica Sinica*，47(4)：538－542. [周洪旭，郭建英,万方浩，2004. 转 *Cry1Ac* + *CpTI* 基因棉对棉田害虫及其天敌种群动态的影响. 昆虫学报，47(4)：538－542]

（责任编辑：袁德成）